



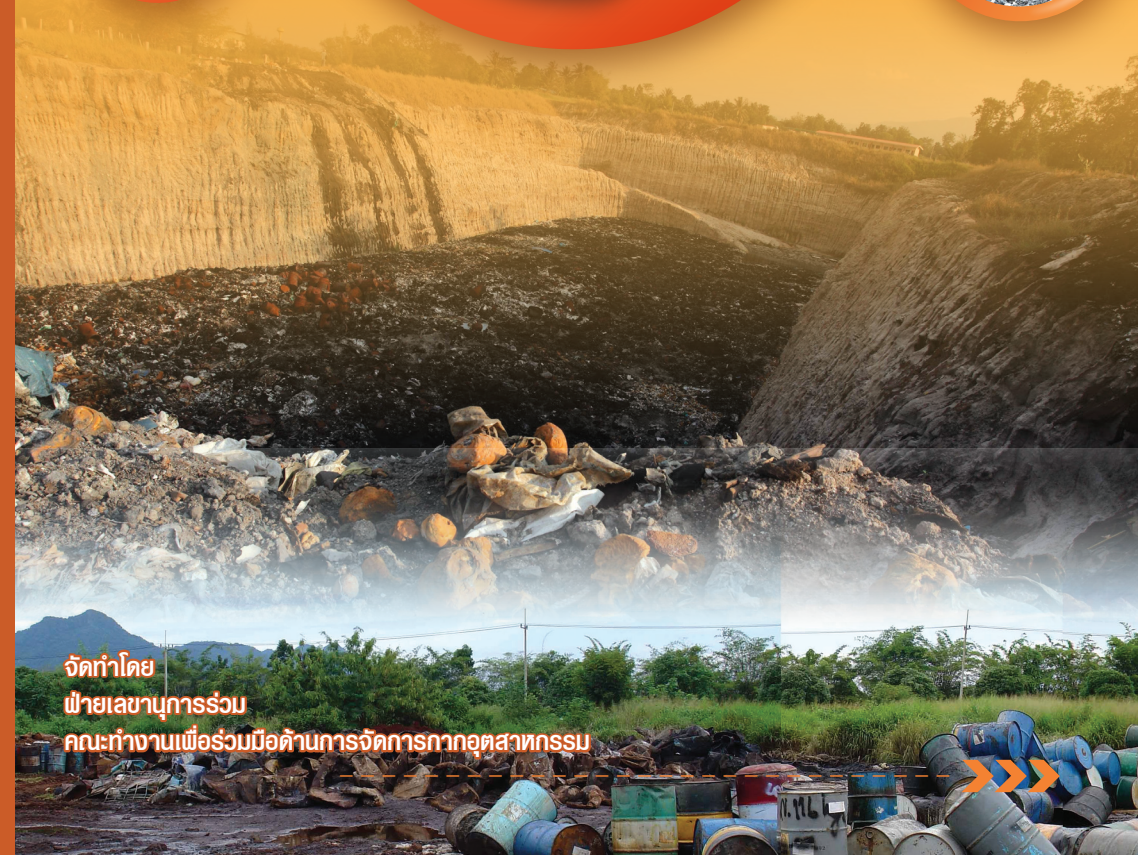
คู่มือ

ขั้นตอนการประสานงาน
การจัดการกากอุตสาหกรรม
กากอุตสาหกรรม



สำนักจัดการกากของเสียและสารอันตราย
กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
92 ซอยพหลโยธิน 7 ถนนพหลโยธิน เขตพญาไท กรุงเทพฯ 10400
โทร. 0 2298 2413-20 โทรสาร 0 2298 5393
Website : <http://www.pcd.go.th>
E-mail : hazwaste@pcd.go.th

สำนักบริหารจัดการกากอุตสาหกรรม
กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม
75/6 ถนนพระรามที่ 6 เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400
โทร. 0 2202 4003-4 โทรสาร 0 2202 4003
Website : <http://www.diw.go.th>



จัดทำโดย
ฝ่ายเลขานุการร่วม
คณะทำงานเพื่อร่วมมือด้านการจัดการกากอุตสาหกรรม



กรมโรงงานอุตสาหกรรม
DEPARTMENT OF INDUSTRIAL WORKS



กรมควบคุมมลพิษ
POLLUTION CONTROL DEPARTMENT

คู่มือ

ขั้นตอนการประสานงาน
การจัดการการลักลอบทิ้ง
กากอุตสาหกรรม



จัดทำโดย
ฝ่ายเลขานุการร่วม
คณะทำงานเพื่อร่วมมือด้านการจัดการกากอุตสาหกรรม

คำนำ

คู่มือขั้นตอนการประสานงานการจัดการการลักลอบทิ้งกากอุตสาหกรรมนี้จัดทำขึ้นเพื่อให้หน่วยงานราชการส่วนกลางและส่วนท้องถิ่น รวมทั้งประชาชนผู้สนใจได้รับความรู้ ความเข้าใจในขั้นตอนการปฏิบัติงานของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและดำเนินการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นจากการลักลอบทิ้งกากอุตสาหกรรม ตั้งแต่การรับแจ้งเหตุจนถึงการดำเนินการแก้ไขปัญหาแล้วเสร็จ โดยเนื้อหาสาระของคู่มือได้รับการพิจารณาและผ่านความเห็นชอบจากคณะทำงานเพื่อร่วมมือด้านการจัดการกากอุตสาหกรรม ภายใต้คณะอนุกรรมการประสานการจัดการสิ่งแวดล้อมและอุตสาหกรรมแล้ว อีกทั้งได้นำไปใช้ในการปฏิบัติงานจริงในพื้นที่เกิดเหตุ ซึ่งทำให้เกิดผลดีในการประสานงานและแก้ไขปัญหาการลักลอบทิ้งกากอุตสาหกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

คณะทำงานเพื่อร่วมมือ
ด้านการจัดการกากอุตสาหกรรม
มกราคม 2558

สารบัญ

	หน้า
ขั้นตอนการประสานงานการจัดการการลักลอบทิ้งกากอุตสาหกรรม	4
1. การรับแจ้งเหตุและกำหนดทีมงานตรวจสอบ	4
2. กระบวนการตรวจสอบและรายงาน	6
3. การจัดการกองกากอุตสาหกรรม	6
4. การประเมินความเสียหายพื้นที่ปนเปื้อนเพื่อปรับปรุงหรือฟื้นฟูพื้นที่	8
ผู้แจ้งเหตุการณ์กระทำความผิดหรือผู้ร้องเรียนมีสิทธิได้รับเงินสินบน	13
ภาคผนวก ก. การประเมินความเสี่ยงการรับสัมผัส (Risk Assessment)	15
ภาคผนวก ข. โรงงานจัดการกากอุตสาหกรรม	33



ขั้นตอนการประสานงาน การจัดการกากอุตสาหกรรม

ขั้นตอนการประสานงานการจัดการกากอุตสาหกรรม ระหว่างหน่วยงานประกอบด้วย 4 ขั้นตอน กล่าวคือ (1) การรับแจ้งเหตุและกำหนดทีมงานตรวจสอบ (2) กระบวนการตรวจสอบและรายงาน (3) การจัดการกากอุตสาหกรรม และ (4) ประเมินความเสียหายพื้นที่ปนเปื้อนเพื่อปรับปรุงหรือฟื้นฟูพื้นที่ สรุปลำดับดังนี้

1. การรับแจ้งเหตุและกำหนดทีมงานตรวจสอบ

- การรับแจ้งเหตุ

ผู้แจ้งเหตุ หน่วยงานราชการ องค์การปกครองส่วนท้องถิ่น
 ผู้ประกอบการหรือบริษัทเอกชน ประชาชนทั่วไป

หน่วยงานรับแจ้งเหตุ/ช่องทางการแจ้ง

- กรมควบคุมมลพิษ
สำนักงานจัดการกากของเสียและสารอันตราย
92 ซอยพหลโยธิน 7 ถนนพหลโยธิน เขตพญาไท กทม. 10400
โทร. 0 2298 2386-7 สายด่วนกรมควบคุมมลพิษ 1650
website: www.pcd.go.th E-mail: hazwaste@pcd.go.th
- กรมโรงงานอุตสาหกรรม
สำนักบริหารจัดการกากอุตสาหกรรม
75/6 ถนนพระรามที่ 6 เขตราชเทวี กทม. 10400
โทร. 0 2202 4003-4 สายด่วนกรมโรงงานอุตสาหกรรม 1564
website: www.diw.go.th
- การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย
618 ถนนนิคมมักกะสัน แขวงมักกะสัน เขตราชเทวี กทม. 10400
โทร. 0 2253 0561 website: www.ieat.go.th
- สำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัด สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค
และสำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัด



- การกำหนดทีมงานตรวจสอบ

- (1) องค์ประกอบของทีมงาน ประกอบด้วย

- กรมควบคุมมลพิษ
 - กรมโรงงานอุตสาหกรรม
 - กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย
 - กองบังคับการปราบปรามการกระทำความผิดเกี่ยวกับ
ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
 - สำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัด
 - สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค
 - สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัด
 - สำนักงานป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยจังหวัด
 - ศูนย์ป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยเขต
 - สำนักงานสาธารณสุขจังหวัด
 - องค์การปกครองส่วนท้องถิ่น
 - ตำรวจท้องที่

- (2) หน้าที่ของทีมงาน

- ❖ จัดเตรียมข้อมูลเบื้องต้นเพื่อเข้าตรวจสอบหรือระงับเหตุ
 - ❖ จัดเตรียมอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล สำหรับเข้าตรวจสอบ
และอุปกรณ์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น กล้องถ่ายรูป อุปกรณ์การเก็บ
ตัวอย่าง แบบฟอร์มการรายงาน เป็นต้น
 - ❖ ประสานหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง
 - ❖ วางแผนการเข้าตรวจสอบพื้นที่
 - ❖ เก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างของเสียในภาคสนาม
 - ❖ วิเคราะห์และประเมินสถานการณ์และจัดทำรายงานผลการตรวจสอบ
ร่วมกัน



2. กระบวนการตรวจสอบและรายงาน

ภายหลังได้รับแจ้งเหตุ ผู้รับแจ้งเหตุประสานทีมงานตรวจสอบ ให้ดำเนินการตรวจสอบ ณ จุดเกิดเหตุ เพื่อตรวจสอบรายละเอียดของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจากบุคคลที่พบเห็นเหตุการณ์ หรือผู้แจ้งเหตุ โดยจัดเตรียมข้อมูลเบื้องต้น รวมถึงการจัดเตรียมอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลในการระงับเหตุหรือการเข้าตรวจสอบพื้นที่ และการเก็บตัวอย่างเพื่อการตรวจวิเคราะห์ ทำการตรวจสอบพื้นที่ เก็บตัวอย่าง และรายงานผลการตรวจสอบ

3. การจัดการกองกากอุตสาหกรรม

เมื่อทีมงานสำรวจเข้าตรวจสอบพื้นที่ สามารถดำเนินการตามขั้นตอนต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 ประเมินพื้นที่ปนเปื้อนเบื้องต้น และเก็บตัวอย่างเพื่อตรวจวิเคราะห์

ขั้นตอนที่ 2 วิเคราะห์ตัวอย่างหรือบ่งชี้ประเภทของกากอุตสาหกรรมที่ถูกกลั่บทิ้ง

ขั้นตอนที่ 3 การจัดการกองกากอุตสาหกรรมที่ถูกกลั่บทิ้ง

กรณีที่ 1 ไม่เป็นของเสียอันตราย

- เจ้าพนักงาน ยึด/อายัด และสืบค้นแหล่งที่มา/ผู้กระทำผิด
- กรมโรงงานอุตสาหกรรม (กรอ.)/สำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัด (สอจ.) ส่งการผู้กระทำผิดดำเนินการเคลื่อนย้ายไปกำจัด
- กรณีไม่สามารถสืบหาผู้กระทำผิดได้ กรอ./สอจ./หน่วยงานท้องถิ่นเป็นผู้ดำเนินการ

กรณีที่ 2 เป็นของเสียอันตราย แต่มีปริมาณเล็กน้อย

(น้อยกว่า 20 กิโลกรัม)

- เจ้าพนักงาน ยึด/อายัด และสืบค้นแหล่งที่มา/ผู้กระทำผิด

- กรอ./สอจ. สั่งการผู้กระทำความผิดดำเนินการเคลื่อนย้ายไปกำจัด
- กรณีไม่สามารถสืบหาผู้กระทำได้ กรอ./สอจ./หน่วยงานท้องถิ่นเป็นผู้ดำเนินการภายใต้การแนะนำของทีมงานตรวจสอบ

กรณีที่ 3 เป็นของเสียอันตราย กรณีไม่สามารถเก็บไว้ได้/ มีความเสี่ยงสูง

กรอ./สอจ./หน่วยงานท้องถิ่นจำเป็นต้องดำเนินการ โดยเคลื่อนย้ายไปกำจัดโดยบริษัทที่ได้รับอนุญาตตามกฎหมายโดยเร็ว

ขั้นตอนที่ 4 รายงานผลการจัดการกากอุตสาหกรรมต่อหน่วยงานท้องถิ่นเจ้าของพื้นที่ ผู้ว่าราชการจังหวัด และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

ขั้นตอนที่ 5 การดำเนินการทางกฎหมายกับผู้กระทำความผิด กรณีที่ทราบแหล่งที่มาของกากอุตสาหกรรมที่ลักลอบทิ้ง ผู้ว่าราชการจังหวัดสามารถสั่งการหรือแจ้งหน่วยงานที่เกี่ยวข้องดำเนินการ โดยการดำเนินการทางกฎหมายต่อผู้กระทำความผิดสามารถทำได้ 3 ทาง กล่าวคือ ทางอาญา ทางแพ่ง และทางปกครอง ซึ่งต้องพิจารณาดำเนินการตามแต่ละกรณีไป

สำหรับแนวทางการจัดสรรเงินทุนสำรองเพื่อใช้ในการจัดการกากอุตสาหกรรมสามารถสรุปได้ดังนี้

- 1) จากผู้กระทำความผิด ที่มีคำสั่งศาลให้เป็นผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่าย
- 2) หากไม่สามารถหาผู้กระทำความผิดได้ อาจมีแนวทางในการดำเนินการโดยใช้งบประมาณจากหน่วยงานท้องถิ่น เช่น เงินอุดหนุนราชการเพื่อช่วยเหลือผู้ประสบภัยพิบัติกรณีฉุกเฉิน ตามระเบียบกระทรวงการคลัง ว่าด้วยเงินอุดหนุนราชการเพื่อช่วยเหลือผู้ประสบภัยพิบัติกรณีฉุกเฉิน พ.ศ. ๒๕๕๖ หรืองบประมาณจากหน่วยงานราชการอื่นที่เกี่ยวข้อง หรืองบประมาณจากสำนักงานคณะกรรมการกระจายอำนาจ



ให้กับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น หรือกองทุนสิ่งแวดล้อม หรือการจัดตั้งกองทุนบำบัดฟื้นฟูความเสียหายเนื่องจากการลักลอบทิ้งกากอุตสาหกรรม โดยระดมทุนจากโรงงานผู้ก่อกำเนิด และผู้รับบำบัด กำจัด หรือรีไซเคิลของเสียอันตรายตามสัดส่วนปริมาณและประเภทของเสียอันตราย

4. การประเมินความเสียหายพื้นที่ปนเปื้อนเพื่อปรับปรุงหรือฟื้นฟูพื้นที่

การประเมินและสำรวจความเสียหายที่เกิดขึ้นจากการลักลอบทิ้งกากอุตสาหกรรม หากสามารถเคลื่อนย้ายเพื่อนำไปกำจัดและไม่ได้ปนเปื้อนมากนัก ก็อาจปรับสภาพพื้นที่ให้คืนสู่สภาพเดิมได้ง่าย แต่หากมีการปนเปื้อนในพื้นที่มากก็จะต้องจัดทำบัญชีความเสียหายต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นเพื่อประเมินสถานการณ์และค่าใช้จ่ายในการแก้ปัญหาและฟื้นฟูต่อไป โดยสามารถลำดับขั้นตอนหลัก ๆ ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ประเมินพื้นที่ปนเปื้อนเบื้องต้น

ขั้นตอนที่ 2 ประเมินพื้นที่ปนเปื้อนโดยละเอียด

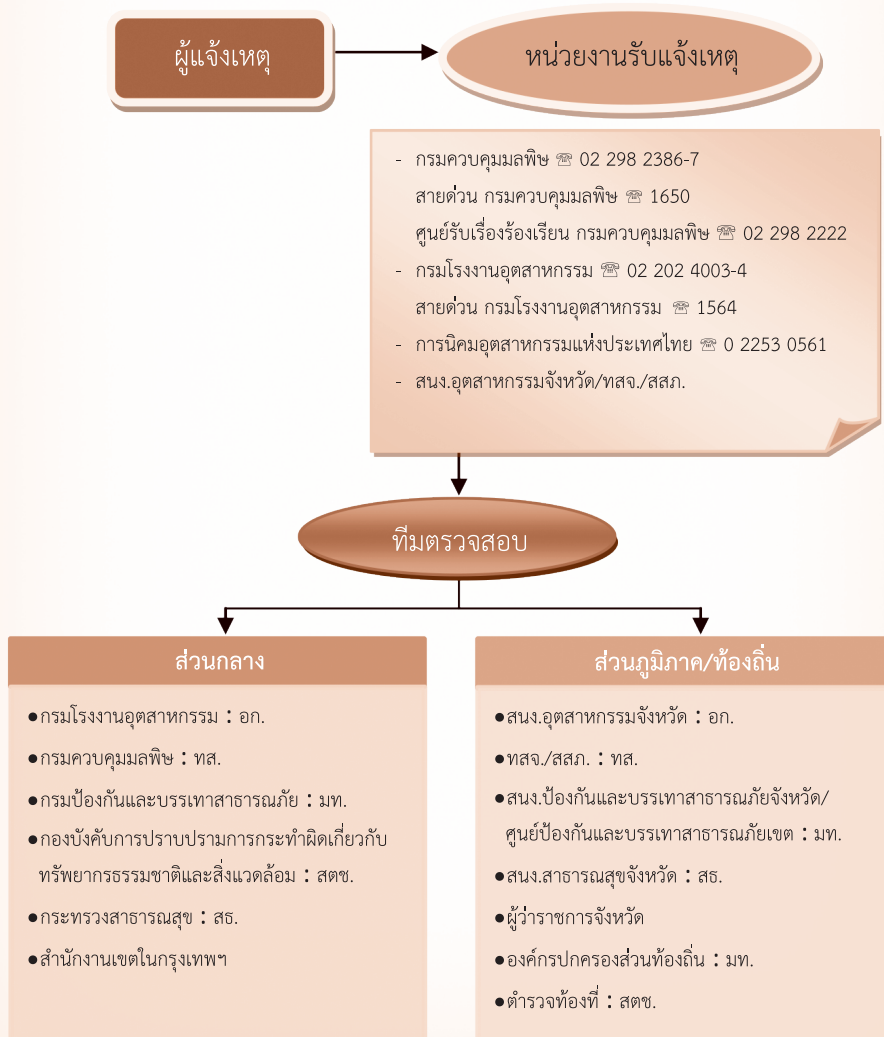
ขั้นตอนที่ 3 วางแผนจัดการพื้นที่ปนเปื้อน บำบัด หรือการกักกันพื้นที่ปนเปื้อน หรือการจำกัดการใช้ประโยชน์ของพื้นที่ และดำเนินการตามแผนงาน

ขั้นตอนที่ 4 ตรวจสอบประสิทธิภาพการบำบัดฟื้นฟู และการติดตามตรวจสอบด้านสิ่งแวดล้อม



แผนผังขั้นตอนการประสานงาน การจัดการการลักลอบทิ้งกากอุตสาหกรรมระหว่างหน่วยงาน

การรับแจ้งเหตุและกำหนดทีมงานตรวจสอบ



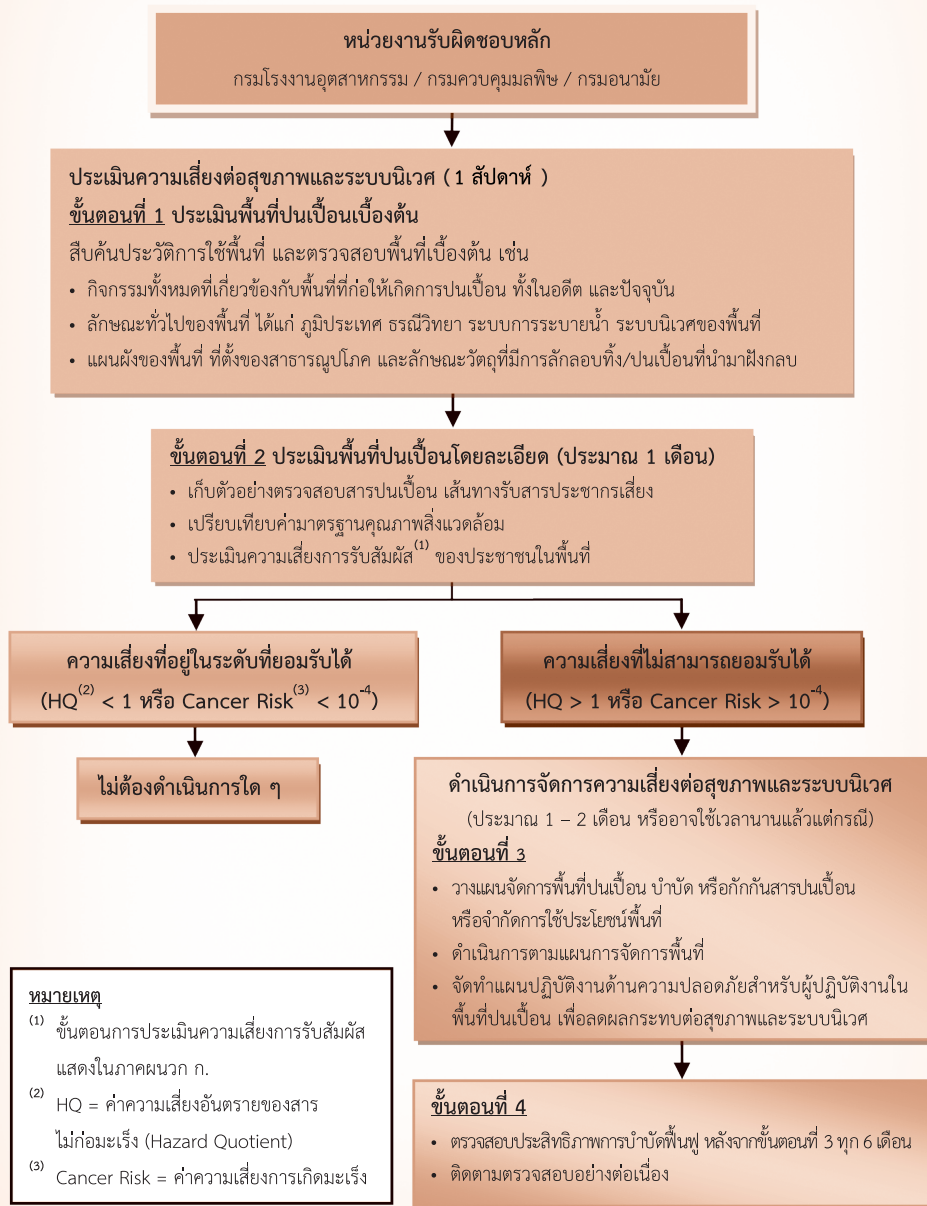
กระบวนการตรวจสอบและรายงาน (15 วัน)



การจัดการกากอุตสาหกรรม



การประเมินความเสียหายพื้นที่ปนเปื้อนเพื่อปรับปรุงหรือฟื้นฟูพื้นที่



ผู้แจ้งเหตุการณ์กระทำความผิดหรือผู้ร้องเรียนมีสิทธิได้รับเงินสินบน

ผู้พบการลักลอบทิ้งกากอุตสาหกรรม สามารถแจ้งเรื่องราวหรือเหตุเดือดร้อนต่อหน่วยงานรับแจ้งเหตุเพื่อเข้าตรวจสอบดำเนินการตามกฎหมายโดยทางราชการจะปกปิดชื่อและที่อยู่หรือสิ่งอื่นใดอันบ่งบอกลักษณะเฉพาะหรือตัวตนของผู้นั้นเป็นความลับเพื่อให้เกิดความไว้วางใจ ความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สินของผู้นั้น หากทางราชการสามารถดำเนินคดีกับผู้กระทำความผิด และผู้กระทำความผิดได้ชำระค่าปรับต่อทางราชการหรือศาลแล้ว ผู้แจ้งมีสิทธิได้รับเงินสินบนในฐานะ “ผู้แจ้งความนำจับ”

ยกเว้น บุคคลดังนี้ไม่มีสิทธิได้รับเงินสินบนนำจับ คือ เจ้าหน้าที่ผู้จับหรือข้าราชการหรือเจ้าหน้าที่ผู้มีหน้าที่ดำเนินการตามกฎหมายว่าด้วยโรงงาน

สัดส่วนเงินสินบนนำจับ ผู้แจ้งความนำจับจะได้รับเงินสินบนจำนวน 1 ใน 3 ของเงินส่วนที่เหลือหลังจากหักเข้าคลังและค่าใช้จ่ายแล้ว (ตัวอย่างเช่น ลงโทษผู้กระทำความผิด 100,000 บาท ผู้แจ้งจะได้รับ 15,000 บาท หรือ 20,000 บาท แล้วแต่กรณี เป็นต้น) ทั้งนี้เป็นไปตามระเบียบต่อไป

1. ระเบียบกรมโรงงานอุตสาหกรรมว่าด้วยการจ่ายเงินสินบนรางวัลและค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน ตามพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 (สำหรับความผิดที่เกิดในเขตกรุงเทพมหานคร)

2. ระเบียบกระทรวงอุตสาหกรรมว่าด้วยการจ่ายเงินสินบนรางวัลและค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน ตามพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 (สำหรับความผิดที่เกิดในส่วนภูมิภาค)

หมายเหตุ : ภายหลังผู้ต้องหาหรือจำเลยชำระค่าปรับต่อหน่วยงานหรือศาลแล้ว ให้ผู้รับผิดชอบคดีหรือพนักงานสอบสวนแจ้งผู้รับผิดชอบคดีเพื่อแจ้งสิทธิของผู้แจ้งความนำจับ เกี่ยวกับเงินสินบนและดำเนินการให้ผู้แจ้งความนำจับได้รับเงินสินบนโดยเร็ว ทั้งนี้ ให้เป็นไปตามระเบียบดังกล่าว





ภาคผนวก ก.

การประเมินความเสี่ยงการรับสัมผัส (Risk Assessment)



การประเมินความเสี่ยงการรับสัมผัส (Risk Assessment)

“การประเมินความเสี่ยง” (risk assessment) เป็นการนำความรู้ด้านพิษวิทยามารวมเข้ากับความรู้ด้านสถิติ ทำให้เกิดศาสตร์ใหม่ขึ้นมาเพื่อแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับความปลอดภัยต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนจากสารเคมีที่ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม ซึ่งได้ขยายองค์ความรู้เพิ่มมากขึ้น และมีการประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวาง ทั้งนี้ การประเมินความเสี่ยงเป็นขั้นตอนแรกของการวิเคราะห์ความเสี่ยง (risk analysis) ซึ่งประกอบด้วย 3 ขั้นตอนคือ การประเมินความเสี่ยง การจัดการความเสี่ยง (risk management) และการสื่อสารความเสี่ยง (risk communication)

การประเมินความเสี่ยงมีลักษณะที่สำคัญ 2 ประการ คือ มีความเป็น state of the art หมายความว่า มีการนำข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้อมูลด้านพิษวิทยาที่ได้จากการศึกษาในสัตว์ทดลองไปใช้คำนวณค่าความปลอดภัยสำหรับมนุษย์ ซึ่งต้องมีการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (mathematical model) และสมมติฐานต่าง ๆ ในการคำนวณหรือแม้จะใช้ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาในมนุษย์ ก็ต้องมีการนำข้อมูลนั้นไปคำนวณโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อให้ได้ค่าความปลอดภัยที่สามารถนำไปใช้ได้กับประชาชนทั่วไปได้ การประเมินความเสี่ยงยังมีคุณสมบัติที่สำคัญอีกประการ คือ มีความเป็น dynamic หมายความว่า ค่าความปลอดภัยสำหรับมนุษย์ที่คำนวณได้นั้นไม่ใช่ค่าคงที่ แต่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ถ้ามีข้อมูลทางด้านวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการศึกษาใหม่หรือมีวิธีการประเมินค่าความปลอดภัยใหม่

1. หน่วยงานด้านการประเมินความเสี่ยง

(1) United States Environmental Protection Agency (U.S. EPA) เป็นหน่วยงานหลักที่ศึกษาเรื่องการประเมินความเสี่ยง ในขั้นตอน dose-response assessment นั้น U.S. EPA รายงานค่าความปลอดภัยของสารไม่ก่อมะเร็งด้วยค่า reference dose (RfD) และ reference concentration (RfC) U.S. EPA ได้คำนวณค่า RfD และ RfC ของสารเคมีมากกว่า 500 ชนิด พร้อมทั้งรายละเอียดการคำนวณ สามารถสืบค้นได้จาก website : www.epa.gov/iris

(2) Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) เป็นอีกหน่วยงานหนึ่งของกระทรวงสาธารณสุข ประเทศสหรัฐอเมริกา ที่ศึกษาเรื่องการประเมินความเสี่ยงของสารไม่ก่อมะเร็งเท่านั้น สำหรับขั้นตอน dose-response assessment นั้น ATSDR รายงานค่าความปลอดภัยด้วยค่า Minimal Risk Level (MRL) ซึ่งหลักการคำนวณเช่นเดียวกับค่า reference dose ของ U.S. EPA ข้อแตกต่างระหว่างฐานข้อมูลของ ATSDR และของ U.S. EPA คือ ATSDR จัดทำ MRL ของสารเคมีเป็น 3 ระดับ คือ ระดับเฉียบพลัน (acute) ระดับปานกลาง (intermediate) และระดับเรื้อรัง (chronic) โดยค่า chronic MRL เทียบเท่ากับ RfD ของ U.S. EPA ในกรณีที่มีข้อมูลการศึกษาด้านพิษวิทยาหาสารเคมีที่มีระยะเวลาการศึกษาน้อยกว่า chronic นั้น ATSDR จึงจัดทำค่า MRL สำหรับ acute และ intermediate ขึ้นอยู่กับระยะเวลาการศึกษา โดยทั่วไปถ้าการศึกษาระยะสั้นน้อยกว่า 2 เดือน จะได้ค่า acute MRL ถ้าระยะเวลาการศึกษา 2 เดือน – 1 ปี จะได้ค่า intermediate MRL ทำให้การนำค่า MRL ไปใช้ได้กว้างขวางกว่าค่า RfD ของ U.S. EPA ซึ่งใช้เฉพาะผลที่เกิดจากการได้รับสารเป็นเวลานาน (chronic effects) เท่านั้น

2. ขั้นตอนของการประเมินความเสี่ยง

การประเมินความเสี่ยง (risk assessment) หมายถึงกระบวนการประเมินโอกาสที่จะเกิดผลเสียต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์จากการได้รับสารเคมี ผลของการประเมินความเสี่ยงนี้เป็นข้อมูลสำคัญที่ผู้บริหารความเสี่ยง (risk manager) ใช้ประกอบการตัดสินใจก่อนดำเนินการต่าง ๆ เพื่อลดการปนเปื้อนของสารเคมีในสิ่งแวดล้อม (น้ำ อากาศ ดิน และอาหาร) ให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัย การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ ตลอดจนการสรุปผลการประเมินความเสี่ยงกระทำโดยผู้วิเคราะห์ความเสี่ยง (risk assessor) การประเมินความเสี่ยงประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ

(1) Hazard Identification เป็นการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อสรุปว่าการได้รับสารเคมีที่กำลังสนใจอยู่นั้นมีผลเสียต่อสุขภาพอนามัยหรือไม่ เนื่องจาก



มีสารเคมีเพียงไม่กี่สารเท่านั้นที่มีข้อมูลความเป็นพิษในมนุษย์อย่างแน่ชัด ดังนั้น hazard identification ของสารเคมีจึงรวมถึงผลการศึกษาในสัตว์ทดลองด้วย

การประเมินความเสี่ยงจะหยุดเพียงแค่ขั้นตอน hazard identification เท่านั้น ถ้าไม่พบว่าการได้รับสารเคมีที่กำลังศึกษาอยู่นี้ทำให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์

(2) Dose-Response Evaluation เป็นการแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณของสารที่ได้รับและความรุนแรงของความเป็นพิษทั้งเชิงคุณภาพ (qualitative) และเชิงปริมาณ (quantitative) ข้อมูลส่วนใหญ่ได้จากการศึกษาในสัตว์ทดลอง และอาจมีบางส่วนที่ได้จากการศึกษาในมนุษย์ การคำนวณความเสี่ยงจากการได้รับสารเคมี จะทำได้นั้น ต้องทราบความสัมพันธ์เชิงปริมาณระหว่างความเป็นพิษและปริมาณ สารเคมีที่ได้รับ (dose-response relationship) ด้วย ในขั้นตอนนี้แบ่งสารเคมีเป็น 2 กลุ่ม คือ

- สารไม่ก่อมะเร็ง (non-carcinogen) รวมถึงสารก่อมะเร็งที่ไม่มีผลต่อยีน (non-genetic carcinogen) และความเป็นพิษอย่างอื่นที่ไม่ใช่การเกิดมะเร็ง (non-carcinogenic effects) จากสารก่อมะเร็ง แนวความคิดเกี่ยวกับสารไม่ก่อมะเร็ง คือ สารเคมีกลุ่มนี้แสดง threshold ซึ่งหมายถึงปริมาณสารเคมีที่มากที่สุด เมื่อได้รับ เข้าไปทุกวันแล้วจะไม่ทำให้เกิดความผิดปกติใด ๆ

- สารก่อมะเร็งที่มีผลต่อยีน (genetic carcinogen) สำหรับสารก่อมะเร็ง จะใช้แนวความคิดที่ว่าสารกลุ่มนี้ไม่มี threshold ซึ่งหมายความว่า ไม่ว่าจะได้รับสาร ก่อมะเร็งปริมาณมากน้อยเพียงใดก็ตาม แม้เพียง 1 โมเลกุลก็มีโอกาส (probability) ที่จะเกิดมะเร็งได้

(3) Exposure Assessment เป็นการประเมินปริมาณสารเคมีที่มนุษย์ หนึ่งคนหรือประชากรหนึ่งกลุ่มได้รับจากสิ่งแวดล้อม ขั้นตอนนี้เน้นว่ามีความสำคัญ อย่างมากของการประเมินความเสี่ยง ทั้งนี้เพราะความเป็นพิษของสารเคมีจะไม่เกิดขึ้น ถ้าไม่ได้รับสารนั้น และความรุนแรงของความเป็นพิษขึ้นกับปริมาณของสารที่ได้รับ ดังนั้นถ้าการประเมินปริมาณสารที่ได้รับผิดพลาดจากความเป็นจริง การคำนวณ



ความเสี่ยงก็จะมี ความคลาดเคลื่อน (uncertainty) สูง

(4) Risk Characterization เป็นการรวบรวมเอาข้อมูลและผลการวิเคราะห์ของ 3 ขั้นตอน ที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น มาใช้คำนวณความเสี่ยงหรือโอกาสที่จะเกิดผลเสียในมนุษย์จากการได้รับสารเคมี



3. Dose-response Assessment สำหรับสารไม่ก่อมะเร็ง

ในขั้นตอน dose-response assessment สำหรับสารไม่ก่อมะเร็งนี้ จำเป็นต้องใช้ข้อมูลทางพิษวิทยาต่าง ๆ ได้แก่

NOEL (no-observed-effect level) หมายถึง ปริมาณของสารเคมีที่มากที่สุด ซึ่งได้รับทุกวันแล้วไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงใด ๆ ต่อร่างกาย

NOAEL (no-observed-adverse-effect level) หมายถึง ปริมาณของสารเคมีที่มากที่สุดซึ่งได้รับทุกวันแล้วไม่ทำให้เกิดความเป็นพิษหรือผลเสีย (adverse effects) ใด ๆ ต่อร่างกาย

LOEL (lowest-observed-effect level) หมายถึง ปริมาณของสารเคมีที่น้อยที่สุด ซึ่งได้รับทุกวันแล้วทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของร่างกายอย่างใดอย่างหนึ่งขึ้น

LOAEL (lowest-observed-adverse-effect level) หมายถึง ปริมาณของสารเคมีที่น้อยที่สุด ซึ่งได้รับทุกวันแล้วทำให้เกิดความเป็นพิษหรือผลเสียต่อร่างกาย (adverse effect) อย่างใดอย่างหนึ่งขึ้น ซึ่งมักเป็นความผิดปกติที่กลับคืนได้



(reversible change) เช่น fatty liver และน้ำหนักตัวลดลง

การทดลองหาค่า NOEL NOAEL LOEL และ LOAEL ทำได้โดยศึกษาความผิดปกติหรือการเปลี่ยนแปลงจากการได้รับสารเคมีในสัตว์ทดลองแต่ละตัวในแต่ละ dose ให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ตัวอย่างการทดลองแสดงในตารางที่ ก-1

ข้อสังเกต ค่าทั้งสี่ คือ NOEL NOAEL LOEL และ LOAEL เป็นค่าจริงที่ได้จากการทดลองเท่านั้น ไม่ใช่ได้จากการคำนวณทางสถิติเช่นค่า LD₅₀ หรือ LC₅₀

ตารางที่ ก-1 ตัวอย่างการทดลองในหนูซึ่งได้รับสารเคมีที่ผสมในอาหารเป็นเวลา 2 ปี

dose*	การเปลี่ยนแปลงทางพยาธิวิทยาและชีวเคมี	ค่าที่ได้
0.1	น้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นตามปกติ ตรวจไม่พบการเปลี่ยนแปลงของอวัยวะใด ๆ	NOEL
0.5	น้ำหนักตัวลดลง 4% น้ำหนักตับ/น้ำหนักตัว เพิ่มขึ้น 6% ตรวจพบ fat droplet ใน hepatocyte เพิ่มขึ้นเล็กน้อย ตรวจไม่พบความผิดปกติในอวัยวะอื่น ๆ	NOAEL
1.0	น้ำหนักตัวลดลง 7% น้ำหนักตับ/น้ำหนักตัว เพิ่มขึ้น 8% ตรวจพบ fat droplet ใน hepatocyte เพิ่มขึ้นเล็กน้อย ตรวจไม่พบความผิดปกติในอวัยวะอื่น ๆ	
2.0	น้ำหนักตัวลดลง 12%** น้ำหนักตับ/น้ำหนักตัว เพิ่มขึ้น 18% ตรวจพบ fat droplet จำนวนมากใน hepatocyte	LOAEL
5.0	น้ำหนักตัวลดลง 16%** น้ำหนักตับ/น้ำหนักตัว เพิ่มขึ้น 25% ตรวจพบ fat droplet จำนวนมากใน hepatocyte	

* จำนวนหนูที่ใช้ 250 ตัว/กลุ่ม และ dose ที่ใช้เป็น มิลลิกรัม/กิโลกรัม น้ำหนักตัว/วัน

** แตกต่างจากกลุ่มควบคุม (control group) อย่างมีนัยสำคัญ

เนื่องจากการใช้ค่า NOAEL เป็นการใช้ค่าที่ได้จากการทดลองเพียงค่าเดียว ไม่ได้ใช้ dose-response relationship ของสารเคมี การเลือก dose ในการทดลอง มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อค่า NOAEL การทดลองที่มีการใช้จำนวน dose ที่ต่างกันมากอาจมีผลทำให้ค่า NOAEL มีค่ามากหรือน้อยกว่าความเป็นจริงได้ ดังนั้น เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวและมีการใช้ข้อมูลจริงทุกข้อมูลที่ได้จากการทดลอง จึงมีการเปลี่ยนมาใช้ค่า benchmark dose (BMD) แทนค่า NOAEL การคำนวณค่า benchmark dose นั้น ต้องคำนวณจาก model ที่เหมาะสมกับข้อมูลที่ได้จากการทดลองมากที่สุดเพียง model เดียว benchmark dose เป็นปริมาณสารที่ทำให้เกิด response ในสัตว์ทดลอง 5% หรือ 10% ตามที่กำหนดไว้ โดยใช้ค่า lower limit ของ benchmark dose (BMDL) ในการคำนวณค่า RfD

Reference dose (RfD) หมายถึง ปริมาณสารเคมีที่มนุษย์สามารถรับเข้าสู่ร่างกายได้ทุกวัน โดยไม่ทำให้เกิดความผิดปกติใด ๆ ต่อสุขภาพอนามัย RfD เป็นค่าที่นำมาใช้แทน ADI (acceptable daily intake) ซึ่งแต่เดิมใช้เฉพาะกับ food additives ที่มีการเติมลงในอาหารด้วยความจงใจ ต่อมามีการนำเอาหลักการของ ADI มาใช้กับสารเคมีที่ปนเปื้อนในอาหาร น้ำดื่ม อากาศ และดิน คำนวณ RfD ได้จากสมการ (1)

$$RfD = NOAEL \text{ หรือ } BMDL_{5/10} / (UF \times MF) \dots \dots \dots (1)$$

UF (uncertainty factor) เป็นค่าที่นำมาใช้เพื่อแก้ไขความไม่แน่นอน (uncertainty) ที่เกิดขึ้นจากการนำเอา NOAEL ในสัตว์ทดลองมาคำนวณหา RfD สำหรับมนุษย์ UF ประกอบด้วย factor ย่อย ได้แก่

- factor 10H เป็น factor ที่ใช้สำหรับแก้ไข uncertainty ที่เกิดขึ้นในประชากรเนื่องจากมนุษย์แต่ละคนมีความไว (sensitivity) ต่อสารเคมีไม่เท่ากัน factor นี้ใช้เพื่อปกป้องมนุษย์ที่มีความไวต่อสารเคมีมากที่สุด และเป็น factor พื้นฐานที่ต้องใช้ในการคำนวณค่า RfD ทุกครั้ง
- factor 10A เมื่อไม่มีข้อมูลในมนุษย์หรือมีข้อมูลไม่เพียงพอ จำเป็นต้องใช้ค่า NOAEL ที่ได้จากการศึกษาความเป็นพิษเรื้อรัง (chronic study) ในสัตว์ทดลอง



การนำเอาค่า extrapolate ที่ได้จากสัตว์ทดลองมาใช้ในมนุษย์ต้องมีการแก้ไข โดยทั่วไปจะพิจารณาให้มนุษย์มีความไวเป็น 10 เท่า ดังนั้น การคำนวณค่า RfD จึงหารค่า NOAEL ด้วย 10 สำหรับ factor นี้

- factor 10S ถ้าค่า NOAEL ที่ได้จากการศึกษาในสัตว์ทดลองที่มีระยะเวลา น้อยกว่าการศึกษาความเป็นพิษเรื้อรังเช่น น้อยกว่า 2 ปีในหนู rat ค่า NOAEL ที่ได้จากการศึกษาน้อยกว่า 2 ปี จะมีค่ามากกว่าค่า NOAEL ที่ทำการศึกษาเป็นเวลา 2 ปี จึงต้องแก้ไขโดยการหารด้วย factor 10

- factor 10L ในกรณีที่ไม่มีแม้แต่ค่า NOAEL และจำเป็นต้องใช้ค่า LOAEL แทนเนื่องจาก LOAEL มีค่ามากกว่า NOAEL ดังนั้นจึงต้องแก้ไขค่า LOAEL โดยการหารด้วย factor 10

- factor 10D (deficiency of information) สำหรับกรณีที่ไม่มีข้อมูล พิษวิทยาต่อระบบสืบพันธุ์และการพัฒนาของตัวอ่อน (reproductive and developmental toxicity)

MF (modifying factor) เป็น factor ที่แสดงถึงความสมบูรณ์และความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่น่ามาใช้ เช่น จำนวนสัตว์ทดลองในแต่ละกลุ่มที่ใช้ในการหา NOAEL รายละเอียดของการทดลองมีมากน้อยแค่ไหน เช่น การตรวจทางพยาธิวิทยา (pathology) ทำได้ละเอียด ถูกต้องเพียงใดข้อมูลเหล่านี้เป็นการแสดงความน่าเชื่อถือของผลการทดลอง MF มีค่าอยู่ระหว่าง > 0 และ 10 default value ของ MF มีค่าเท่ากับ 1

4. Dose-Response Assessment สำหรับสารก่อมะเร็ง

Dose-Response Assessment สำหรับสารก่อมะเร็งมีความยุ่งยากกว่าสาร ไม่ก่อมะเร็งทั้งนี้เพราะ dose-response ของสารก่อมะเร็งไม่มี threshold แต่การศึกษาการเกิดมะเร็งทำได้เฉพาะที่ dose สูง ๆ การเกิดมะเร็งที่ dose ต่ำ ๆ นั้นทำการศึกษาค่อนข้างยากมากเพราะจำเป็นต้องใช้สัตว์ทดลองจำนวนมากเพื่อให้เห็นผลการทดลอง ดังนั้น จึงต้องอาศัยแบบจำลอง (model) ในการ extrapolate การเกิด

มะเร็งจาก dose สูงมายัง dose ต่ำ ๆ ในปัจจุบันมี model ต่าง ๆ ให้เลือกใช้ เช่น

- Weibull model
- Logit model
- One-hit model
- Multi-hit model
- Multistage model

ในที่นี้จะอธิบายเฉพาะ one-hit model และ multistage model ซึ่งเป็น model ที่ U.S. EPA ใช้คำนวณความเสี่ยงจากการได้รับสารก่อมะเร็ง

4.1 One-hit model

สมมติฐานของ one-hit model คือ เมื่อองค์ประกอบภายในเซลล์ปกติภายในร่างกายถูกเปลี่ยนแปลงด้วยสารก่อมะเร็งเพียงครั้งเดียวหรือเรียกว่าถูก hit เพียงครั้งเดียว เซลล์นั้นจะมีการเปลี่ยนแปลงไปจนเกิดเป็นมะเร็งซึ่งจะใช้เวลาานเท่าใดก็ได้ โอกาสของการเกิดมะเร็งสามารถคำนวณได้โดยใช้สมการ

$$P(d) = 1 - \exp [-(q_0 + q_1 d)] \dots \dots \dots (2)$$

โดย $P(d)$ เป็นโอกาสของการเกิดมะเร็งจากการได้รับสารก่อมะเร็งที่ dose = d
 q_0 และ q_1 เป็นค่าคงที่

จาก mathematical expansion

$$\exp[X] = 1 + X + \frac{X^2}{2!} + \dots + \frac{X^n}{n!} \dots \dots \dots (3)$$

สำหรับ X ที่มีค่าน้อย สมการ (3) สามารถเขียนได้เป็น

$$\exp[X] \approx 1 + X \dots \dots \dots (4)$$

การประมาณค่า $\exp[X]$ ด้วย $1 + X$ นี้ มีความถูกต้องเฉพาะเมื่อ X มีค่าน้อย ๆ เท่านั้น ดังแสดงในตารางที่ ก-2



ตารางที่ ก-2 การประมาณค่า $\exp[X]$ ด้วย $1 + X$

X	ค่าจริง $\exp[X]$	ค่าประมาณ $1 + X$	$(1+X) \times 100$ $\exp[X]$
1	2.71828	2	73.57 %
0.1	1.10517	1.1	99.53 %
0.01	1.01005	1.01	99.995 %
0.001	1.0010005	1.001	99.99995 %
0.0001	1.000100005	1.0001	99.9999995 %

จากสมการ (2) และ (4) จะได้

$$P(d) = 1 - [1 + \{- (q_0 + q_1 d)\}]$$

$$P(d) = q_0 + q_1 d \dots \dots \dots (5)$$

ที่ $d = 0$ หมายถึงโอกาสของการเกิดมะเร็งขึ้นเอง (spontaneous)

$$P(o) = q_0 \dots \dots \dots (6)$$

จากสมการ (5) และ (6) จะได้

$$P(d) = P(o) + q_1 d$$

ถ้าให้ additional risk, $A(d) = P(d) - P(o)$

$$A(d) = q_1 d \dots \dots \dots (7)$$

$A(d)$ เป็นโอกาสของการเกิดมะเร็งจากการได้รับสารก่อมะเร็งที่ dose = d เพียงอย่างเดียวมีค่าเท่ากับโอกาสของการเกิดมะเร็งจากการได้รับสารก่อมะเร็งที่ dose = d ซึ่งได้จากการทดลองลบด้วยโอกาสของการเกิดมะเร็งที่เกิดขึ้นเอง (dose = 0) โดยสมการ (7) เป็นสมการที่ใช้สำหรับการคำนวณ risk โดย one-hit model

4.2 Multistage model

สมมุติฐานของ model คือ เซลล์ปกติต้องมีการเปลี่ยนมากกว่าหนึ่งขั้นตอน (stage) จึงจะเกิดเป็นมะเร็งได้ การที่เซลล์เปลี่ยนจาก stage หนึ่งไปอีก stage หนึ่งได้นั้น เซลล์ต้องถูก hit มากกว่าหนึ่งครั้ง เนื่องจาก model นี้อธิบายการเกิดมะเร็งได้ใกล้เคียงกับกลไกการเกิดมะเร็งได้ดีกว่า one-hit model U.S. EPA จึงได้เปลี่ยนการคำนวณความเสี่ยงจากการได้รับสารก่อมะเร็งจาก one-hit model มาเป็น multistage model แทน โอกาสของการเกิดมะเร็งสามารถคำนวณได้โดยใช้สมการ

$$P(d) = 1 - \exp [-(q_0 + q_1d + q_2d^2 + \dots + q_nd^n)] \dots \dots \dots (8)$$

ที่ dose ต่ำมาก ๆ ทำให้แต่ละค่าของ $d^2, \dots, d^n \approx 0$ ดังนั้น สมการ (8) สามารถเขียนได้เป็น

$$P(d) \approx 1 - \exp [-(q_0 + q_1d)] \dots \dots \dots (9)$$

เราสามารถคำนวณหา additional risk ได้เช่นเดียวกับ one-hit model

$$A(d) = q_1d$$

ที่ dose ต่ำมาก ๆ multistage model ให้สมการเส้นตรง ดังนั้น จึงเรียก model นี้ว่า linearized multistage model (LMS model)

สมการสำหรับการคำนวณ additional risk ของ one-hit model และ linearized multistage model เหมือนกันคือ $A(d) = q_1d$

สำหรับการทดลองเดียวกัน ค่า q_1 ซึ่งคำนวณโดย model ทั้งสองอาจไม่เท่ากัน เพราะการคำนวณหาค่า q_1 นั้น คำนวณจากสมการเริ่มต้นของแต่ละ model ดังนั้น จึงเขียนสมการการคำนวณ additional risk ของ linearized multistage model เป็น

$$A(d) = q_1^* \times d \dots \dots \dots (10)$$

q_1^* อ่านว่า q-one-star



สมการ (10) สามารถเขียนใหม่ได้เป็น

$$\text{Cancer Risk} = \text{CPS} \times \text{CDI} \dots \dots \dots (11)$$

กราฟที่สร้างขึ้นระหว่างความเสี่ยง (risk) และ ปริมาณสารก่อมะเร็งที่ได้รับในแต่ละวัน (CDI) เป็นเส้นตรง มีค่าความชันเท่ากับ CPS หรือ carcinogenic potency slope มีหน่วยเป็น (มิลลิกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว/วัน)⁻¹ ดังแสดงในรูปที่ ก-1

CPS ใช้แสดงถึงศักยภาพของสารเคมีที่ทำให้เกิดมะเร็งในมนุษย์ ถ้าสารใดมีค่า CPS มาก หมายความว่าสารนั้นมีศักยภาพที่จะทำให้เกิดมะเร็งได้สูง หรือทำให้เกิดมะเร็งได้ในปริมาณต่ำ ๆ carcinogenic potency slope นี้อาจเรียกว่า cancer slope factor (CSF)

ค่า RfD, RfD_i, CPS_o และ CPS_i ของสารเคมีประมาณ 550 ชนิด สามารถสืบค้นข้อมูลได้จาก internet ที่ <http://www.epa.gov/iris>



รูปที่ ก-1 กราฟระหว่างความเสี่ยง (risk) และปริมาณสารก่อมะเร็งที่ได้รับในแต่ละวัน (CDI)

5. Exposure Assessment

เป็นขั้นตอนการประเมินการได้รับสารเคมีจากทุกวิธีทาง (route) วิธีหลักที่มนุษย์ได้รับสารเคมีจากสิ่งแวดล้อมมี 3 ทางคือ การได้รับสารเคมีทางปาก จากการหายใจ และดูดซึมผ่านผิวหนัง

การได้รับสารเคมีทางปากเป็นการได้รับสารที่ปนเปื้อนในอาหารและน้ำดื่ม และยังได้รับจากการบริโภคดินซึ่งเราได้รับโดยไม่ตั้งใจ เช่น การเช็ดปากด้วยมือที่เปื้อนดิน การบริโภคผักผลไม้ที่เปื้อนดิน

ในการประเมินขั้นตอนนี้จำเป็นต้องทราบความเข้มข้นของสารเคมีในอาหาร น้ำดื่ม อากาศ และดินที่เกี่ยวข้องกับประชาชนแต่ละกลุ่ม จึงต้องมีการเก็บตัวอย่างสำหรับการตรวจวิเคราะห์อย่างต่อเนื่อง เพื่อทราบความเข้มข้นที่อาจเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลา

CDI (chronic daily intake หรือ lifetime average daily dose; LADD) คือค่าเฉลี่ยของปริมาณสารที่ได้รับในแต่ละวัน มีหน่วยเป็น มิลลิกรัม/กิโลกรัม น้ำหนักตัว/วัน

$$CDI = \text{total dose} / (\text{body weight} \times AT_n) \dots\dots\dots (12)$$

$$\text{Total dose} = \text{concentration} \times \text{daily intake} \times EF_r \times ED_{\text{tot}} \times \% \text{ Abs} \dots\dots (13)$$

Daily intake หมายถึง ปริมาณอากาศ น้ำดื่ม ดิน หรืออาหารที่มนุษย์ปกติบริโภคในแต่ละวัน ดังแสดงในตารางที่ ก-3

% Abs หมายถึง ร้อยละของการดูดซึมสารเคมีเข้าสู่ร่างกายโดยทั่วไป ถ้าไม่มีข้อมูลการดูดซึมของสารเคมีใดให้ใช้ 100% เป็น default value ในการคำนวณ



ตารางที่ ก-3 ค่าย่อพารามิเตอร์และค่าของแต่ละพารามิเตอร์ที่ใช้สำหรับการคำนวณ
ในขั้นตอน risk characterization

ค่าย่อ	พารามิเตอร์	ค่าที่ใช้
CPS _o	ค่าความเข้มข้นของการเกิดมะเร็งโดยการกิน	* (มิลลิกรัม/กิโลกรัม/วัน) ⁻¹
CPS _i	ค่าความเข้มข้นของการเกิดมะเร็งโดยการหายใจ	* (มิลลิกรัม/กิโลกรัม/วัน) ⁻¹
RfD _o	reference dose โดยการกิน	* มิลลิกรัม/กิโลกรัม/วัน
RfD _i	reference dose โดยทางหายใจ	* มิลลิกรัม/กิโลกรัม/วัน
Bw _a	น้ำหนักตัวผู้ใหญ่	70 กิโลกรัม
Bw _c	น้ำหนักตัวเด็กอายุ 1-6 ปี	15 กิโลกรัม
AT _c	เวลาเฉลี่ยสำหรับสารก่อมะเร็ง	25,550 วัน
AT _n	เวลาเฉลี่ยสำหรับสารไม่ก่อมะเร็ง	365 × ED
IRA _a	ปริมาณอากาศที่ผู้ใหญ่หายใจ	20 ลูกบาศก์เมตร/วัน
IRA _c	ปริมาณอากาศที่เด็กหายใจ	12 ลูกบาศก์เมตร/วัน
IRW _a	ปริมาณน้ำที่ผู้ใหญ่ดื่ม	2 ลิตร/วัน
IRW _c	ปริมาณน้ำที่เด็กดื่ม	1 ลิตร/วัน
IRS _a	ปริมาณดินที่ผู้ใหญ่กิน	100 มิลลิกรัม/วัน
IRS _c	ปริมาณดินที่เด็กกิน	200 มิลลิกรัม/วัน
EF _r	จำนวนวันที่ได้รับสาร	350 วัน/ปี
ED _{tot}	ระยะเวลาที่ผู้ใหญ่ได้รับสาร	30 ปี
ED _c	ระยะเวลาที่เด็กอายุ 1-6 ปีได้รับสาร	6 ปี
SA _a	พื้นที่ผิวหนังของผู้ใหญ่ที่สัมผัสสาร	
	- ผู้อยู่อาศัย	5,700 ตารางเซนติเมตร/วัน
	- คนงาน	3,300 ตารางเซนติเมตร/วัน
SA _c	พื้นที่ผิวหนังของเด็กที่สัมผัสสาร	3,300 ตารางเซนติเมตร/วัน

คำย่อ	พารามิเตอร์	ค่าที่ใช้
AF _a	ปริมาณดินบนผิวหนังกผู้ใหญ่ - ผู้อุ่อาศัย - คนงาน	0.07 มิลลิกรัม/ตารางเซนติเมตร 0.2 มิลลิกรัม/ตารางเซนติเมตร
AF _c	ปริมาณดินบนผิวหนังกเด็ก	0.2 มิลลิกรัม/ตารางเซนติเมตร
Abs	การดูดซึมทางผิวหนังก - สารกึ่งระเหยได้	0.1
	- สารระเหย	-
	- สารอนินทรีย์	-
EF _r	ความถี่ที่ผู้อุ่อาศัยของการได้รับสาร	350 วัน/ปี
EF _o	ความถี่ที่คนทำงานของการได้รับสาร	250 วัน/ปี
ED _r	ระยะเวลาที่ผู้อุ่อาศัย (ผู้ใหญ่) ได้รับสาร	30 ปี
ED _c	ระยะเวลาที่เด็กได้รับสาร	6 ปี
ED _o	ระยะเวลาที่คนงานได้รับสาร	25 ปี

หมายเหตุ : * ค่าเฉพาะของสารเคมีแต่ละตัว

6. Risk characterization ของสารไม่ก่อมะเร็ง

Risk characterization ของสารไม่ก่อมะเร็ง ทำได้โดยการคำนวณหา hazard quotient (HQ)

$$HQ = CDI/RfD.....(14)$$

การคำนวณความเสี่ยงสำหรับสารไม่ก่อมะเร็งโดยใช้ HQ นั้น เป็นเพียงการเปรียบเทียบปริมาณที่ได้รับกับ RfD เท่านั้น ไม่ใช่ค่าที่แสดงความเสี่ยงที่แท้จริง ดังเช่น risk characterization สำหรับสารก่อมะเร็ง แต่ risk manager ก็สามารถใช้



ค่า HQ ในการตัดสินใจได้ กล่าวคือ ถ้า HQ มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 1 หมายความว่า สถานการณ์การปนเปื้อนของสารเคมียังไม่รุนแรงจนอาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน แต่ถ้า HQ มีค่ามากกว่า 1 หมายความว่า สถานการณ์การปนเปื้อนของสารเคมีค่อนข้างรุนแรงจนอาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนได้ จำเป็นต้องมีการแก้ไขหรือดำเนินการเพื่อลดปริมาณการปนเปื้อน

ตัวอย่าง จากข้อมูลตารางที่ ก-1

$$UF = 10H \times 10A = 100$$

เนื่องจากใช้หนูจำนวนมากในแต่ละกลุ่ม (250 ตัว/กลุ่ม) risk manager ใช้ค่า MF = 0.8 จากสมการ (1)

$$\begin{aligned} RfD &= BMDL_{5/10} / (UF \times MF) \\ &= 0.5 / (100 \times 0.8) \\ &= 0.00625 \text{ มิลลิกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว/วัน} \end{aligned}$$

สมมุติสารเคมีนี้ปนเปื้อนในน้ำประปา และประชาชนได้รับในปริมาณ 0.001 มิลลิกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว/วัน ดังนั้น

$$\begin{aligned} HQ &= 0.001 / 0.00625 \\ &= 0.16 \end{aligned}$$

HQ มีค่าน้อยกว่า 1 หมายความว่า การปนเปื้อนของสารเคมีตัวนี้ในน้ำประปายังอยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อการบริโภค

7. Risk Characterization สำหรับสารก่อมะเร็ง

จากสมการ (11) $\text{Cancer Risk} = \text{CPS} \times \text{CDI}$

สามารถคำนวณค่าความเสี่ยงการเกิดมะเร็ง (cancer risk) จากการได้รับสารก่อมะเร็งจากปริมาณสารที่ได้รับทุกวัน (CDI) ถ้า cancer risk ที่คำนวณได้เกินกว่าค่าที่กำหนดไว้ผู้บริหารความเสี่ยงต้องดำเนินการแก้ไข โดย U.S. EPA ได้กำหนด cancer risk ไว้ที่ 10^{-6} ถึง 10^{-4}

ตัวอย่าง พบสารหนู (Arsenic) ปนเปื้อนในน้ำประปา และประชาชนได้รับในปริมาณ 0.0001 มิลลิกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว/วัน โดย CPS ของสารหนู = 1.5 (มิลลิกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว/วัน)⁻¹ (IRIS, 1998) ดังนั้น

$$\begin{aligned}\text{Cancer Risk} &= 0.0001 \times 1.5 \\ &= 0.00015 \text{ หรือ } 1.5 \times 10^{-4}\end{aligned}$$

Cancer Risk มีค่ามากกว่า 10^{-4} หมายความว่า ปริมาณการปนเปื้อนของสารหนูในน้ำประปาค่อนข้างรุนแรงจนอาจก่อให้เกิดมะเร็งในประชาชนที่บริโภคได้ จำเป็นต้องมีการแก้ไขหรือดำเนินการเพื่อลดปริมาณการปนเปื้อนให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัย





ภาคผนวก ข.

โรงงานจัดการกากอุตสาหกรรม





โรงงานจัดการกากอุตสาหกรรม

ประเภทกิจการเผากากของเสีย

ชื่อโรงงาน	โทรศัพท์	โทรสาร	Website	E-mail
1. บริษัท ปูนซีเมนต์นครหลวง จำกัด (มหาชน) โรงงาน 3	036 240 930 ต่อ 5991	036 240 930 ต่อ 4555 0 2792 7000 ต่อ 5900	www.siamcitycement.com www.geocycle.co.th	wecare@sccc.co.th geocycle@sccc.co.th
2. บริษัท ทีพีโอ โพลีน จำกัด (มหาชน)	02 213 1039 02 285 5090	02 213 1035 02 213 1038	www.tpiolene.co.th	env_sbtpipl@yahoo.com
3. บริษัท ปูนซีเมนต์ไทย (แก่งคอย) จำกัด	036 240 000	036 240 099		wiraje@scg.co.th
4. บริษัท ปูนซีเมนต์ไทย (ท่าหลวง) จำกัด โรงงานขาว	036 218 400	036 334 710 036 351 216	www.scg.co.th	info@cementthai.co.th
5. บริษัท บางปู เอ็นไวรอนเมนทอล คอมเพล็กซ์ จำกัด	02 709 2546	02 709 2547	www.wms-thailand.com	info@wms-thailand.com pornniyom.sarika@wms-thailand.com
6. บริษัท อัคริปรากการ จำกัด (มหาชน)	0 2323 0714 - 19	0 23232 0724	www.akkhie.com	envi_ap@hotmail.com

ประเภทกิจการทำเชื้อเพลิงผสม (Solid Blending & Liquid Blending)

ชื่อโรงงาน	โทรศัพท์	โทรสาร	Website	E-mail
7. บริษัท เอส ซี โอ อีโค เซอร์วิส จำกัด	0 2962 7295 - 7	0 2962 7298	www.scieco.co.th	sci-eco@scg.co.th
8. บริษัท จีโอไซเคิล ประเทศไทย	1732 กด 6	0 2797 7000 ต่อ 5990	www.geocycle.co.th	geocycle@sccc.co.th



ประเภทกิจการฝังกลบกากของเสีย

ชื่อโรงงาน	โทรศัพท์	โทรสาร	Website	E-mail
9. บริษัท บริหารและพัฒนาเพื่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม จำกัด (มหาชน) (GENCO)	0 2502 0900 - 99 0 2452 8310 - 11	0 2502 0999 0 2415 3817	www.genco.co.th	-
10. บริษัท อีสเทิร์นซีบอร์ด เอนไวรอนเมนทอล คอมเพล็กซ์ จำกัด	038 346 364 - 7	038 346 368	www.wms-thailand.com	info@wms-thailand.com
11. บริษัท เบตเตอร์เวิลด์กรีน จำกัด (มหาชน)	0 2731 0080 0 2731 1815	0 2731 2574 0 2731 3532	www.betterworldgreen.com	bwg@betterworldgreen.com
12. บริษัท โปรเฟสชั่นแนลเวสต์ เทคโนโลยี (1999) จำกัด (มหาชน)	02 261 7000	02 261 3721 - 3	www.prowaste.co.th	info@prowaste.co.th

ประเภทกิจการบดย่อยชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์

ชื่อโรงงาน	โทรศัพท์	โทรสาร	Website	E-mail
13. บริษัท ฟุจิ ซีร็อกซ์ อีโค-แมนูแฟคเจอร์ จำกัด	038 345 041 038 345 173	038 345 008	www.fxem.co.th	sukanya-atrod@fxem.co.th
14. บริษัท ทีเอ็มซี เมทัล (ไทยแลนด์) จำกัด	0 2710 6580 0 2710 6582	0 2710 6581	www.tmc-metal.com	phirapol@tmc-metal.com







กรมโรงงานอุตสาหกรรม
DEPARTMENT OF OCCUPATIONAL WORKS



กรมควบคุมมลพิษ
POLLUTION CONTROL DEPARTMENT

คู่มือ ขั้นตอนการประสานงานการจัดการ การลักลอบทิ้งกากอุตสาหกรรม คพ.04 - 184

- ที่ปรึกษา :** คณะทำงานเพื่อร่วมมือด้านการจัดการกากอุตสาหกรรม
ตามคำสั่งคณะกรรมการประสานการจัดการสิ่งแวดล้อม
และอุตสาหกรรม ที่ 2/2550 ลงวันที่ 11 มิถุนายน 2550
และที่ 4/2550 ลงวันที่ 13 ธันวาคม 2550
- คณะผู้จัดทำ :** ฝ่ายเลขานุการร่วม
คณะทำงานเพื่อร่วมมือด้านการจัดการกากอุตสาหกรรม
- ผู้เรียบเรียง :** เจ้าหน้าที่สำนักจัดการกากของเสียและสารอันตราย
กรมควบคุมมลพิษ
นายเชตชัย วรแก่นทราย นักวิชาการสิ่งแวดล้อมชำนาญการ
นายสุรินทร์ อารีย์ นักวิชาการสิ่งแวดล้อมชำนาญการ
นายสิริศักดิ์ คำคง นักวิชาการสิ่งแวดล้อม
- พิมพ์ครั้งที่ 3 :** (ฉบับปรับปรุง) จำนวน 2,000 เล่ม
มกราคม พ.ศ. 2558
- พิมพ์ที่ :** บริษัท ธนาเพรส จำกัด
เลขที่ 9 ซอยลาดพร้าว 64 แยก 14 ถนนลาดพร้าว
แขวงวังทองหลาง เขตวังทองหลาง กรุงเทพฯ 10310
โทร. 0-2530-4114 (อัตโนมัติ)
แฟกซ์ 0-2108-8950-1
E-mail : tanapress@gmail.com